


**Also published as:**

 US6219604 (B1)

**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT

**Classification:**

**- international:** *B60K28/16; B60W10/00; B60W10/20; B62D5/04; B62D6/00; B62D101/00; B62D113/00; B62D119/00; B60K28/16; B60W10/00; B60W10/20; B62D5/04; B62D6/00; (IPC1-7): B62D5/04; B60K28/16; B60K41/28; B62D6/00; B62D101/00; B62D113/00; B62D119/00*

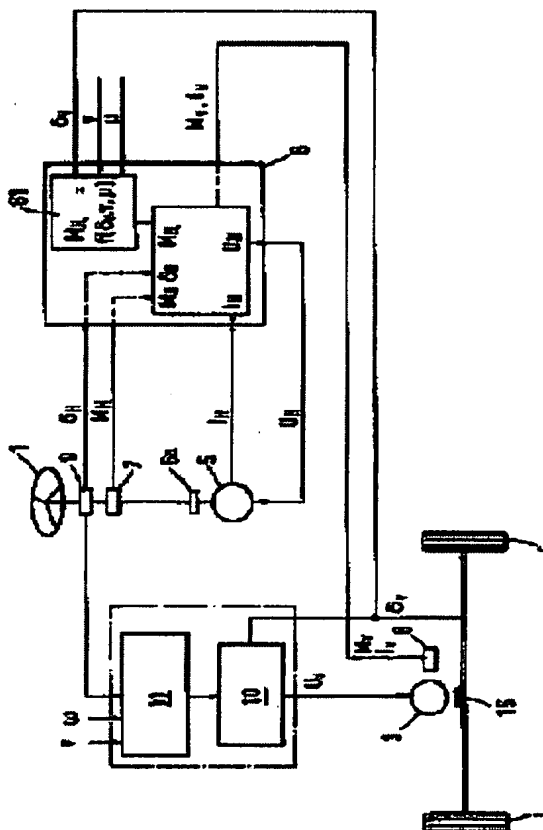
**- European:** B62D6/00H; B62D6/00D2

**Application number:** JP19990369009 19991227

**Priority number(s):** DE19981060613 19981229; DE19991012169 19990318

**Report a data error here**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To correct a driver's steering intention to individually and flexibly execute the driver's intention by computing the target hand torque of the driver to be the base of hand torque transmitted to a steering wheel through a steering wheel actuator. **SOLUTION:** Hand torque is computed through torque measurement, or current measurement of a steering actuator and processed. Hand torque can also be computed from existing vehicle data ( $v$ ,  $\mu$ ,  $\Delta v$ , and the like) through model formation. **A:** Hand torque is simulated by model support (by a feedback simulator). **B:** Hand torque is obtained by measurement. Reset torque is computed through measurement of front wheel torque  $M_v$  or measurement of steering actuator current  $I_v$  and converted. Reset torque reaches a steering column model after adaptive processing and filter processing, so that hand torque of a steering wheel is computed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-198453

(P2000-198453A)

(43) 公開日 平成12年7月18日 (2000.7.18)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

B 6 2 D 5/04

B 6 2 D 5/04

B 6 0 K 28/16

B 6 0 K 28/16

41/28

41/28

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 6/00

// B 6 2 D 101:00

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-369009

(22) 出願日 平成11年12月27日 (1999.12.27)

(31) 優先権主張番号 1 9 8 6 0 6 1 3 . 3

(32) 優先日 平成10年12月29日 (1998.12.29)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(31) 優先権主張番号 1 9 9 1 2 1 6 9 . 9

(32) 優先日 平成11年3月18日 (1999.3.18)

(33) 優先権主張国 ドイツ (D E)

(71) 出願人 390023711

ローベルト ボツシュ ゲゼルシャフト

ミット ベシュレンクテル ハフツング

ROBERT BOSCH GESELL

SCHAFT MIT BESCHRAN

KTER HAFTUNG

ドイツ連邦共和国 シュツツガルト

(番地なし)

(74) 代理人 100095957

弁理士 亀谷 美明 (外2名)

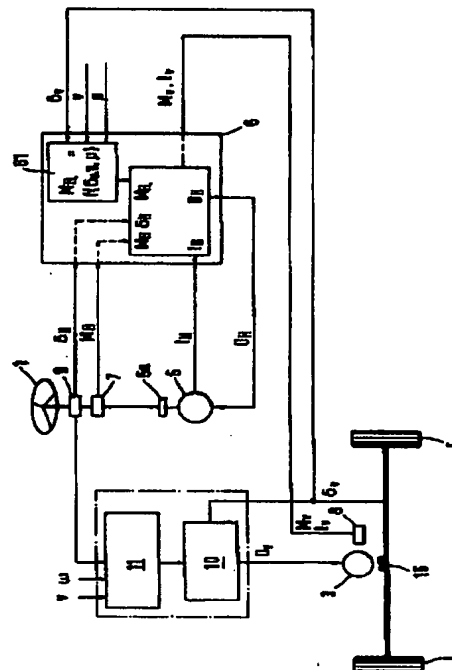
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両のステアーバイワイヤ操舵システム

(57) 【要約】

【課題】 ドライバの操舵意思を修正し、ドライバ意思を個別にフレキシブルに実行可能なステアーバイワイヤ操舵システムを提供する。

【解決手段】 前車軸のステアリングギアボックスあるいは2つの前車輪に取りつけられた電子制御される電動操舵アクチュエータ、電子操舵制御装置及びフィードバックアクチュエータからなるステアーバイワイヤ操舵システムに関する。ドライバの操舵意思は、ステアリングホイールからセンサにより取り出される。路面反力は、フィードバックアクチュエータによりステアリングホイールを介してドライバに伝達される。ステアリングコラムを省略することにより失われる、ドライバ操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、フィードバックアクチュエータによりシミュレートされる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 前車軸のステアリングギアボックスあるいは両操舵前車輪に取り付けられた電子制御される操舵アクチュエータと、ステアリングホイールを介してドライバの操舵意思を取り出すステアリングホイールアクチュエータと、前記ステアリングホイールを介して前記ドライバに路面反力を伝達するフィードバックユニットと、前記操舵アクチュエータに接続され、操舵角センサにより検出された前記ドライバの操舵意思を走行動特性の变量に応じて修正し、前記修正された操舵意思に基づいて1あるいは2以上の前記操舵アクチュエータの目標値を算出する目標値算出装置とを有する電子操舵制御装置と、トランスミッションを介して前記ステアリングホイールに接続されるステアリングホイールアクチュエータと、前記ステアリングホイールアクチュエータを制御するステアリングホイール制御装置とからなるフィードバックアクチュエータとを有する車両のステア-バイ-ワイヤ操舵システムであって、前記ステアリングホイール制御装置は、1または2以上の前記操舵アクチュエータに設置されたトルクセンサにより測定された復帰トルクあるいは電流センサにより測定された復帰電流に基づいて、あるいは、前記操舵角センサにより測定された信号及び車両の他の状態信号によりシミュレートされた復帰トルクに基づいて、前記ステアリングホイールアクチ

ュエータを介して前記ステアリングホイールに伝達されるハンドトルクの基礎となる前記ドライバの目標ハンドトルクを算出することを特徴とするステア-バイ-ワイヤ操舵システム。

【請求項2】 前記電子操舵制御装置は、新たな目標ハンドトルク値を、前記ドライバの操舵意思及び走行速度に従属する関数に応じて、

$$\delta_H^* = f(v) \cdot \delta_H$$

( $\delta_H^*$  : 新たな目標ハンドトルク値,  $\delta_H$  : ドライバの操舵意思,  $f(v)$  : 走行速度に従属する関数)

式に従って修正して前記電子操舵制御装置に供給し、可変の操舵角変換比を形成することを特徴とする請求項1に記載のステア-バイ-ワイヤ操舵システム。

【請求項3】 前記電子操舵制御装置は、前記走行速度の単調関数  $f(v)$  により前記操舵角変換比を変化させることを特徴とする請求項2に記載のステア-バイ-ワイヤ操舵システム。

【請求項4】 前記電子操舵制御装置は、前記走行動特性に応じて前記ドライバの操舵意思を修正するヨー制御装置に接続されることを特徴とする請求項1から3に記載のステア-バイ-ワイヤ操舵システム。

【請求項5】 前記ヨー制御装置は、  
【数1】

$$\omega_{ref} = \left[ \frac{v}{1 + \frac{v^2}{v_{ch}^2}} \right] * \frac{\delta_H}{l \cdot s} * \frac{1}{1 + T_{ref} s}$$

( $\omega_{ref}$  : 目標ヨー速度,  $v$  : 速度,  $v_{ch}$  : 特徴速度 (=60...100 km/h),  
 $l$  : 軸距離,  $T_{ref}$  : 時定数,  $s$  : ラプラス演算子)

に従って目標ヨー特性 ( $\omega_{ref}$ ) を設定する基準発生器と接続されることを特徴とする請求項4に記載のステア-バイ-ワイヤ操舵システム。

【請求項6】 前記操舵アクチュエータが前記操舵前車

輪を個別に操舵する場合には、前記ヨー制御装置は、前記ドライバの操舵意思を、各カーブ内側及び外側の車輪の幾何学配置に応じて

【数2】

内側 :

$$\delta_{Hi} = \left[ \frac{R}{R - \left(\frac{b}{2}\right)} \right] * \delta_H^*$$

外側 :

$$\delta_{Ho} = \left[ \frac{R}{R + \left(\frac{b}{2}\right)} \right] * \delta_H^*$$

( $R$  : 定常円旋回の半径,  $b$  : 車輪半径

$$R = \frac{b(v_{in} + v_{out})}{2(v_{in} - v_{out})}$$

( $v_i$  : 内側の後方駆動車輪速度,  $v_o$  : 外側の後方駆動車輪速度)

式に従って修正することを特徴とする請求項4に記載のステア-バイ-ワイヤ操舵システム。

【請求項7】 車両モデルに基づいて走行速度及び実際操舵角に基づいて車両のヨー特性及び車輪の斜め走行角度を計算し、タイヤモデルに基づいて前記操舵前車輪で

の復帰トルクを計算するフィードバックシミュレータと、前記車両モデルに後段接続され、ステアリングコラム内の摩擦及び弾性を考慮して前記ステアリングホイールの前記目標ハンドトルクを計算するステアリングコラムモデルとを有することを特徴とする請求項1から6の

いずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項8】 前記フィードバックシミュレータは、後段接続される操舵特性モデルの特徴パラメータを有するマップを格納し、各車両状況に応じて前記ステアリングホイールアクチュエータを調整するための前記目標ハンドトルクを計算することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項9】 前記ステアリングホイール制御装置は、前記操舵前車輪で測定された前記復帰トルク、あるいは1または2以上の前記操舵アクチュエータで測定された前記復帰電流を変換して、前記ステアリングホイール制御装置に後段接続された前記ステアリングコラムモデルに伝達し、前記ステアリングコラムモデルは、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記目標ハンドトルクを算出することを特徴とする請求項1から8のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項10】 前記ステアリングホイール制御装置は、前記ハンドトルクを、所定の最大値に制限することを特徴とする請求項9に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項11】 前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータを介して前記ステアリングホイールに伝達する感覚信号により、1つ又は2以上の前記操舵アクチュエータの過負荷をドライバに通知することを特徴とする請求項9又は10に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項12】 前記感覚信号は、前記ステアリングホイールの振動であることを特徴とする請求項11に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項13】 前記車両の機能を開ループ制御及び／又は閉ループ制御する、アンチブロッキング(ABS)、トラクションコントロール(ASR)、走行安定性(FDR/ESP)、距離制御(ACC)、エンジン制御、シャシ開ループ制御、シャシ閉ループ制御あるいはタイヤ空気圧検出装置の群から選択される少なくとも1つの制御装置内で形成された情報が、前記ステアリングホイール制御装置に供給され、前記情報に応じて前記目標ハンドトルクが算出されることを特徴とする請求項1から12のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項14】 前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、路面のグリップ状況あるいは前記ABS制御装置により算出された路面の摩擦係数に応じて変化させることを特徴とする請求項1から13のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項15】 前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給する前記ハンドトルクを、前記制御装置内で形成された車両のハンドルが左右に振られる危険あるいは車両が傾く危険を通知する情報に応じて変化させることを特徴とする請求項1から14のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項16】 前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、前記ABS制御装置に通知された悪路区間で変化させることを特徴とする請求項1から15のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項17】 前記ステアリングホイール制御装置は、最大回転数あるいは最大車両速度を越えた場合、あるいは車両が略空のタンクで走行している場合に、前記ハンドトルクを介して車両の誤操作通知信号を発生することを特徴とする請求項1から16のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項18】 前記誤操作通知信号は、前記ステアリングホイールを短時間がたつかせる信号であることを特徴とする請求項17に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項19】 前記シャシ開ループ制御装置及び／又はシャシ閉ループ制御装置は、車体と車輪ユニット間の距離、あるいは車体と車輪ユニット間に取り付けられた懸架システムの弾力特性あるいは緩衝特性を、特徴的な車両状態、走行状態あるいは路面状態に適応するように制御し、前記緩衝が減少した場合あるいはスプリング硬さが減少した場合には、前記距離、前記弾力特性あるいは前記緩衝特性に応じて算出される前記目標ハンドトルクを増大することを特徴とする請求項13から18のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項20】 前記シャシ開ループ制御装置及び／又はシャシ閉ループ制御装置は、前記車体と車輪ユニット間の距離、前記車体と前記車輪ユニット間に取り付けられた懸架システムの弾力特性あるいは緩衝特性を制御し、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、前記距離、前記弾力特性あるいは前記緩衝特性に応じて変化させることを特徴とする請求項13から19のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項21】 前記タイヤ空気圧検出装置は、前記車両タイヤ内の現在の空気圧を検出し、前記検出された空気圧に応じて前記目標ハンドトルクが算出されることを特徴とする請求項13から20のいずれか1項に記載のステアーバイーワイヤ操舵システム。

【請求項22】 前記ステアリングホイール制御装置

は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、前記検出された空気圧に応じて変化するように構成され、前記空気圧が予め設定されたしきい値を下回った場合、あるいは前記空気圧が所定よりも急激に低下した場合には、前記ステアリングホイールの前記がたつきあるいは前記振動を調整することを特徴とする請求項21に記載のステアーバイワイヤ操舵システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステアーバイワイヤ操舵システムに関し、さらに詳細には、前車軸のステアリングギアボックスあるいは両操舵前車輪に取り付けられた電子制御アクチュエータと、ドライバの操舵意思をステアリングホールを介して取り出すステアリングホイールセンサと、路面反力をステアリングホイールを介してドライバに伝達するフィードバックアクチュエータとを有するステアーバイワイヤ操舵システムに関する。

##### 【0002】

【従来の技術】上記車両のステアーバイワイヤ操舵システムは、ドイツ特許公報第DE19540956C1号から周知である。この公知の操舵システムにおいては、通常時には、ステアリングホイールと操舵車輪用ステアリングギアボックスとの間の機械的な結合は、クラッチを開放することにより切り離されている。

【0003】この操舵システムは、ステアリングホイールがステアリングギアボックスと間接的にのみ結合するステアーバイワイヤ操舵システムである。ここで、ステアリングホイールを介して、路面反力をドライバに伝達するために、セルフロックしない電動機として手動アクチュエータが設置される。この手動アクチュエータは、電子制御装置により制御され、操作抵抗をステアリングホイールに与えることができる。

【0004】米国特許公報第US5347458号により既知である他のステアーバイワイヤ操舵システムは、ステアリングホイールに反応力を与えるために、ステアリングホイールシャフトを作動するステアリングホイールアクチュエータが使用される。この反応力は、ステアリングホイールの角加速度に比例する加速度項と、ステアリングホイールの角速度に比例する速度項と、ステアリングホイールの変位角に比例する比例項と、及びステアリングホイールのニュートラル位置からの変位方向で符号が異なる所定値の定数項とを有する数学的な関数として表される。

【0005】ステアリングホイールに作用するこの反応力により、ドライバは、従来の操舵システムで通常得られるステアリングホイール力に拮抗作用を与えるばかりでなく、ステアリングホイールを介して車両状態をドライバに伝達することができるので、車両操舵性及車両安

定性が向上する。このことにより、ドライバは、正しい操舵操作を実行することができる。

【0006】また、例えば車両速度などの車両制御状況に応じて、反応力を表す数学的関数の上記項のうち、少なくとも1つの係数を変更することにより、各個別の適用状況に応じた最適な反応力を発生することができる。

##### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例においては、操舵角センサにより検出されるドライバの操舵意思を走行パラメータにより修正することができないので、各ドライバの要求に個別に適應することができない。さらに、例えば操舵アクチュエータの出力を監視しないことから、例えば悪路区間では出力が絞られず、また、操舵アクチュエータが過負荷の場合にはステアリングホイールからドライバに感覚フィードバックが伝達されないなど、従来のシステムでは、機能実現に関してフレキシブルな構造ではないという問題がある。

【0008】したがって、本発明の課題は、ドライバの操舵意思を修正し、ドライバ意思を個別にフレキシブルに実行することが可能な新規かつ改良されたステアーバイワイヤ操舵システムを提供することにある。

##### 【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に記載の発明においては、前車軸のステアリングギアボックスあるいは両操舵前車輪に取り付けられた電子制御される操舵アクチュエータと、ステアリングホイールを介してドライバの操舵意思を取り出すステアリングホイールアクチュエータと、前記ステアリングホイールを介して前記ドライバに路面反力を伝達するフィードバックユニットと、前記操舵アクチュエータに接続され、操舵角センサにより検出された前記ドライバの操舵意思を走行特性の变量に応じて修正し、前記修正された操舵意思に基づいて1あるいは2以上の前記操舵アクチュエータの目標値を算出する目標値算出装置とを有する電子操舵制御装置と、トランスミッションを介して前記ステアリングホイールに接続されるステアリングホイールアクチュエータと、前記ステアリングホイールアクチュエータを制御するステアリングホイール制御装置とからなるフィードバックアクチュエータとを有する車両のステアーバイワイヤ操舵システムであって、前記ステアリングホイール制御装置は、1または2以上の前記操舵アクチュエータに設置されたトルクセンサにより測定された復帰トルクあるいは電流センサにより測定された復帰電流に基づいて、あるいは、前記操舵角センサにより測定された信号及び車両の他の状態信号によりシミュレートされた復帰トルクに基づいて、前記ステアリングホイールアクチュエータを介して前記ステアリングホイールに伝達されるハンドトルクの基礎となる前記ドライバの目標ハンドトルクを算出することを特徴とするステアーバイワイヤ操舵システムが提供される。

【0010】本項記載の発明では、ステアリングコラムを省略することにより失われる、ドライバ操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、フィードバックアクチュエータによりシミュレートされるので、ステアリングホイール制御装置に対して適応目標値を設定でき、様々なドライバ要求に応じて個別に適応することができる。このようにフレキシブルなシステムを提供することができる。

【0011】また、請求項2に記載の発明では、前記電子操舵制御装置は、新たな目標ハンドトルク値を、前記ドライバの操舵意思及び走行速度に従属する関数に応じて、

$$\delta_H^* = f(v) \cdot \delta_H$$

( $\delta_H^*$  : 新たな目標ハンドトルク値,  $\delta_H$  : ドライバの操舵意思,  $f(v)$  : 走行速度に従属する関数)

式に従って修正して前記電子操舵制御装置に供給し、可変の操舵角変換比を形成する如く構成したので、走行速

$$\omega_{ref} = \left[ \frac{v}{1 + \frac{v^2}{v_{ch}^2}} \right] * \frac{\delta_H}{i_s} * \frac{1}{1 + T_{ref} s}$$

( $\omega_{ref}$  : 目標ヨー速度,  $v$  : 速度,  $v_{ch}$  : 特徴速度 (= \*60...100 km/h),  
 $l$  : 軸距離,  $T_{ref}$  : 時定数,  $s$  : ラプラス演算子)

【0014】に従って、目標ヨー特性 ( $\omega_{ref}$ ) を設定する基準発生器と接続される如く構成すれば、目標ヨー特性を調整することができる。

【0015】また、請求項6に記載の発明では、前記操舵アクチュエータが前記操舵前車輪を個別に操舵する場合

内側 :

$$\delta_{H_i} = \left[ \frac{R}{R - \left(\frac{b}{2}\right)} \right] * \delta_H^*$$

外側 :

$$\delta_{H_o} = \left[ \frac{R}{R + \left(\frac{b}{2}\right)} \right] * \delta_H^*$$

( $R$  : 定常円旋回の半径,  $b$  : 車輪半径)

$$R = \frac{2(v_i + v_o)}{2(v_o - v_i)}$$

( $v_i$  : 内側の後方駆動車輪速度,  $v_o$  : 外側の後方駆動車輪速度)

【0017】式に従って修正する如く構成したので、前車輪を個別に操舵するシステムであっても、外側車輪と内側車輪の幾何学配置を考慮して、修正ドライバ操舵意思  $\delta_H^*$  を算出することができる。

【0018】また、請求項7に記載の発明では、車両モデルに基づいて走行速度及び実際操舵角に基づいて車両のヨー特性及び車輪の斜め走行角度を計算し、タイヤモデルに基づいて前記操舵前車輪での復帰トルクを計算するフィードバックシミュレータと、前記車両モデルに後段接続され、ステアリングコラム内の摩擦及び弾性を考

慮に従属する可変の操舵角変換比により、ドライバ操舵意思を車両駆動状態に応じて修正できるので、横方向の動特性が改良され、操舵快適性が向上する。また、請求項3に記載の発明のように、前記電子操舵制御装置は、前記走行速度の単純関数  $f(v)$  により前記操舵角変換比を変化させることができる。

【0012】また、請求項4に記載の発明では、前記電子操舵制御装置は、前記走行動特性に応じて前記ドライバの操舵意思を修正するヨー制御装置に接続される如く構成したので、ヨー制御装置の合成出力を修正ドライバ操舵意思として設定することができる。この結果、ドライバは、走行車両の所望のヨー特性を得ることができる。例えば、請求項5に記載の発明のように、前記ヨー制御装置は、

【0013】

【数3】

合には、前記ヨー制御装置は、前記ドライバの操舵意思を、各カーブ内側及び外側の車輪の幾何学配置に応じて

【0016】

【数4】

慮して前記ステアリングホイールの前記目標ハンドトルクを計算するステアリングコラムモデルとを有する如く構成したので、後段接続されたステアリングコラムモデル (ステアリングホイール、ステアリングコラム、ラック、トラックレバー、サーボ支援など) により、摩擦及び弾性を考慮して、ステアリングホイールのハンドトルクを計算することができる。

【0019】また、請求項8に記載の発明では、前記フィードバックシミュレータは、後段接続される操舵特性モデルの特徴パラメータを有するマップを格納し、各車

両状況に応じて前記ステアリングホイールアクチュエータを調整するための前記目標ハンドトルクを計算する如く構成したので、操舵装置の摩擦及び弾性を考慮して、後段接続された操舵特性モデルの特徴パラメータが格納されるマップを使用することにより、様々な走行状況（速度、道路摩擦係数、操舵角など）に応じて、適応ハンドトルクを計算することができる。

【0020】また、請求項9に記載の発明では、前記ステアリングホイール制御装置は、前記操舵前車輪で測定された前記復帰トルク、あるいは1または2以上の前記操舵アクチュエータで測定された前記復帰電流を変換して、前記ステアリングホイール制御装置に後段接続された前記ステアリングコラムモデルに伝達し、前記ステアリングコラムモデルは、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記目標ハンドトルクを算出する如く構成したので、様々なドライバ要求に応じて個別に適応したステアリングホイールのハンドトルクを計算することができる。

【0021】また、請求項10に記載の発明では、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ハンドトルクを、所定の最大値に制限する如く構成したので、最大トルクが制限されることにより、修正目標ステアリングホイールトルクは、例えば現在のサーボ操舵での一般的な走行感覚を伝達することができる。

【0022】また、請求項11に記載の発明では、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータを介して前記ステアリングホイールに伝達する感覚信号により、1つ又は2以上の前記操舵アクチュエータの過負荷をドライバに通知する如く構成したので、正常に操舵されないことをドライバに伝達することができる。例えば、請求項12に記載の発明のように、前記感覚信号は、前記ステアリングホイールの振動である如く構成すれば、確実かつ容易にドライバに通知することができる。

【0023】また、請求項13に記載の発明では、前記車両の機能を開ループ制御及び／又は閉ループ制御する、アンチブロッキング（ABS）、トラクションコントロール（ASR）、走行安定性（FDR/ESP）、距離制御（ACC）、エンジン制御、シャシ開ループ制御、シャシ閉ループ制御あるいはタイヤ空気圧検出装置の群から選択される少なくとも1つの制御装置内で形成された情報が、前記ステアリングホイール制御装置に供給され、前記情報に応じて前記目標ハンドトルクが算出される如く構成したので、システム複合体において提供される情報（例えばABS、ESP、ACCなど）を使用することにより、ステアリングホイールにおける復帰トルクを変化させて、ドライバに通知することができる。

【0024】また、請求項14に記載の発明では、ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイール

ルアクチュエータに供給されるハンドトルクを、路面をグリップ状況あるいは前記ABS制御装置により算出された路面の摩擦係数に応じて変化させる如く構成したので、ハイドロプレーニング現象が生じた場合や滑りやすい凍結道路上を走行する場合など路面をグリップできない状況に応じて、あるいは路面の摩擦係数に応じて操舵反力を変化させることができるので、車両走行時の安全性が確保される。

【0025】また、請求項15に記載の発明では、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給する前記ハンドトルクを、前記制御装置内で形成された車両のハンドルが左右に振られる危険あるいは車両が傾く危険を通知する情報に応じて変化させる如く構成したので、車両のハンドルが左右に振れる場合あるいは車両が傾く危険がある場合に、操舵反力を変化させて誤操作をドライバに通知するので、車両走行時の安全性が確保される。

【0026】また、請求項16に記載の発明では、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、前記ABS制御装置に通知された悪路区間で変化させる如く構成したので、例えば操舵アクチュエータの出力監視を介して悪路区間では出力が絞られ、悪路区間での操舵反力が変化するので、車両走行時の安全性が確保される。

【0027】また、請求項17に記載の発明では、前記ステアリングホイール制御装置は、最大回転数あるいは最大車両速度を越えた場合、あるいは車両が略空のタンクで走行している場合に、前記ハンドトルクを介して車両の誤操作通知信号を発生する如く構成したので、例えば最大回転数あるいは最大車両速度を越えた場合、あるいは車両が略空のタンクで走行している場合に、ドライバの誤操作を通知することができるので、車両走行時の安全性が確保される。例えば、請求項18に記載の発明のように、前記誤操作通知信号は、前記ステアリングホイールを短時間がたつかせる信号である如く構成すれば、確実かつ容易にドライバに誤操作信号を通知することができる。

【0028】また、請求項19に記載の発明では、前記シャシ開ループ制御装置及び／又はシャシ閉ループ制御装置は、車体と車輪ユニット間の距離、あるいは車体と車輪ユニット間に取り付けられた懸架システムの弾力特性あるいは緩衝特性を、特徴的な車両状態、走行状態あるいは路面状態に適応するように制御し、前記緩衝が減少した場合あるいはスプリング硬さが減少した場合に、前記距離、前記弾力特性あるいは前記緩衝特性に応じて算出される前記目標ハンドトルクを増大する如く構成したので、例えば車体と各車輪との間の距離（即ち、車両レベル）を調整することができる。さらに、懸架システムの弾力特性、緩衝特性、特に弾性部材と緩衝部材

との組み合わせを、現在の車両状態、走行状態、路面状態に個別に自動的に適応させることができる。したがって、例えば車両の積荷が変化した場合であっても、緩衝作用を増大することができる。また、緩衝作用が減少しあるいはサスペンション硬さが減少した場合には、目標ハンドトルクが増大するので、カーブに過度に高速で進入してはならないことをドライバに伝達することができる。

【0029】また、請求項20に記載の発明では、前記シャシ閉ループ制御装置及び／又はシャシ閉ループ制御装置は、前記車体と車輪ユニット間の距離、前記車体と前記車輪ユニット間に取り付けられた懸架システムの弾力特性あるいは緩衝特性を制御し、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、前記距離、前記弾力特性あるいは前記緩衝特性に応じて変化させる如く構成したので、前記距離、前記弾力特性及び／又は前記緩衝特性の変化をドライバに通知することができる。さらに、ハンドトルクを特に車両縦方向速度に応じて選択することができるので、ハンドトルクの調整は、例えば特性曲線又は車両高さ（車体と車輪との間の距離）と車両縦方向速度からなるマップにより決定することができる。

【0030】また、請求項21に記載の発明のように、前記タイヤ空気圧検出装置は、前記車両タイヤ内の現在の空気圧を検出し、前記検出された空気圧に応じて前記目標ハンドトルクが算出される如く構成したので、検出された空気圧に応じたハンドトルクがドライバに通知され、ドライバはタイヤの空気圧を把握できるので、車両走行時の安全性が確保される。

【0031】また、請求項22に記載の発明のように、前記ステアリングホイール制御装置は、前記ステアリングホイールアクチュエータに供給される前記ハンドトルクを、前記検出された空気圧に応じて変化させるように構成され、前記空気圧が予め設定されたしきい値を下回った場合、あるいは前記空気圧が所定よりも急激に低下した場合には、前記ステアリングホイールの前記がたつきあるいは前記振動を調整する如く構成したので、タイヤ空気圧が急激に下降した場合（空気圧が所定以上に急激に低下）、あるいはタイヤ空気圧が低すぎる場合（空気圧が予め設定されたしきい値を下回った場合）には、ステアリングホイールのがたつき又は振動によるハンドトルクを介して、ドライバに対し、特にカーブに高速で進入してはならないことを伝達することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら詳細に説明する。尚、以下の説明及び添付図面において、同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付することにより、重複説明を省略する。

【0033】（第1の実施の形態）まず、図1～図6を参照しながら、第1の実施の形態について説明する。図1は、本実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵機能を有する車両操舵システムの概略図である。ここで、「ステアバイワイヤ」とは、通常の機械的なステアリングコラムを介さずに、操舵アクチュエータにより電子的に操舵される、ということの意味する。

【0034】本実施形態においては、電動機として1つの操舵アクチュエータのみが設けられており、この操舵アクチュエータは、トランスミッションギアボックスを介して車両の操舵前車軸を作動する。以下、詳細に説明する。

【0035】まず、図1に示すように、ドライバがステアリングホイール1を介して入力したドライバの操舵意思 $\delta_H$ は、操舵角センサ9により検出される。さらに、ドライバの操舵意思 $\delta_H$ は、電子操舵制御装置10に接続される目標値算出装置11により、例えば走行速度 $v$ 、ヨー角速度 $\omega$ などの走行パラメータに基づいて必要に応じて修正が加えられ、目標値として操舵制御装置10に供給される。

【0036】さらに、付加的な測定量として、ドライバからステアリングホイール1に伝達される回転トルクあるいはステアリングホイールトルク $M_H$ が、トルクセンサ7により測定される。また、操舵アクチュエータ3は、ステアリングギアボックス15を介して操舵前車軸を作動する。

【0037】操舵制御装置10は、操舵アクチュエータとして使用する電動機3を出力電圧 $U_v$ で駆動する。ドライバの操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、操舵前車軸と強固に接続するステアリングコラムが省略されることにより失われるが、復帰トルク（即ち、ステアリングホイールのハンドトルク）による通常制御では、この路面感覚はフィードバックアクチュエータにより再び形成されて、ドライバに伝達される。

【0038】本実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵システムにおいて、電動機として設置されるフィードバックアクチュエータは、ステアリングホイールアクチュエータ5とステアリングホイール制御装置6などから構成される。ステアリングホイールアクチュエータ5は、トランスミッション5aを介してステアリングホイール1に接続される。ステアリングホイール制御装置6は、ステアリングホイールアクチュエータ5を制御する。

【0039】目標ハンドトルク $M_{H, \text{目標}}$ は、ステアリングホイール制御装置6と協働機能する目標値算出装置61により算出される。即ち、この目標ハンドトルク $M_{H, \text{目標}}$ は、操舵アクチュエータ3に設置されたトルクセンサ（図示せず）により測定された復帰トルク $M_v$ 及び電流センサ8により測定された復帰電流 $I_v$ に基づいて、目標値算出装置61により算出される。



【0040】これに代えて、目標ハンドトルク  $M_{H, s o l 1}$  は、操舵角センサが測定した操舵角  $\delta_v$ 、あるいは車両内に最初からある信号（例えば走行速度、道路とタイヤ間の摩擦係数  $\mu$  など）に基づいて、フィードバックシミュレータがシミュレートすることもできる。

【0041】ステアリングホイール制御装置6は、上記算出された目標ハンドトルク  $M_{H, s o l 1}$  以外に、他の変量（例えばステアリングコラムと接続するトルクセンサ7により測定されたステアリングホイールトルク  $M_H$ 、操舵角センサ9により測定された操舵角  $\delta_H$ 、ステアリングホイールアクチュエータ5の電流  $I_H$ ）を得て、ステアリングホイールアクチュエータ5に制御電圧  $U_H$  を出力する。

【0042】次いで、図2に基づいて、目標値の形成について説明する。図2は、本実施形態にかかる速度に応じた可変の操舵角変換比を示す機能ブロック図である。図3は、走行速度に応じて可変の操舵角変換によりシミュレートされる操舵角変換比の単調関数のグラフ図である。なお、操舵制御装置10の目標値形成器11による目標値形成は、速度に応じた可変の操舵角変換比による走行快適性を調整するという意味において、状況に適応する。

【0043】ステアリングギアボックスは、構造上、固定の操舵角変換比  $i_s$ （例えば15から17）を有する。この変換比では、比較的高速での通常走行時には、大抵、ドライバは快適であると感じる。しかしながら、切り返しを行う場合には、小さい操舵角で大きい車輪切れ角度が得られることが望ましい。即ち、低速度の場合には、操舵角変換比を小さくしなければならない（例えば8から10）。この要求は、図2に示す装置により解決される。以下説明する。

$$\omega_{ref} = \left[ \frac{v}{1 + \frac{v^2}{v_{ch}^2}} \right] * \frac{\delta_H}{i_s} * \frac{1}{1 + T_{ref}s}$$

$\omega_{ref}$ : 目標ヨー速度,  $v$ : 速度,  $v_{ch}$ : 特徴速度 (= 60...100 km/h),  
 $l$ : 軸距離,  $T_{ref}$ : 時定数,  $s$ : ラプラス演算子

【0051】ヨー制御装置13は、標準的なPID制御装置あるいは頑強なモデルフォロウ制御装置とすることができる。ヨー制御装置13の合成出力は、修正ドライバ操舵意思  $\delta_H^*$  として設定される。

【0052】このとき、目標ヨー速度  $\omega_{ref}$  の代わりに、車両の目標横方向加速度  $a_{y, ref}$  を使用し、あるいは、これらの変量を組み合わせて使用することもできる。なお、ここで操舵制御装置10は、前車輪操舵角が修正ドライバ操舵意思  $\delta_H^*$  に従うように配慮する位置制御装置である。操舵制御装置の設計は、操舵アクチュエータのモータ種類に著しく依存するが、ここでは詳細に説明しない。原則的にそれに適しているのは、PID構成のデジタルアルゴリズムあるいは一般のデジタル

【0044】ドライバの操舵意思  $\delta_H$  は、

$$\delta_H^* = f(v) \cdot \delta_H$$

の式により修正される。なお、 $f(v)$  は、速度に従属する関数である。 $\delta_H^*$  は、新しい目標値として操舵制御装置に供給される。

【0045】また、 $\delta_H^* = i_s \cdot \delta_v$  であるので、上式に代入すると、

$$\delta_H = (i_s / f(v)) \cdot \delta_v$$

が得られる。

【0046】このように、可変操舵角変換比

$$i_s^* = (i_s / f(v))$$

が得られる。

【0047】ここで、この関数  $f(v)$  は、例えば図3に示すように、速度に従属する単調関数とすることができる。

【0048】次に、図4に基づいて、状況に適応する目標値の算出方法について説明する。なお、図4は、本実施形態にかかるステア-バイ-ワイヤ操舵システムにより実行される走行動特性制御により、横方向の動特性を改良する装置を示すブロック回路図である。なお、状況に適応する目標値は、走行動特性制御により横方向の動特性を改良するために、操舵制御装置10の目標値算出装置11により算出される。

【0049】まず、図4に示すように、走行動特性制御により横方向の動特性を改良するための装置はヨー制御装置を有し、所望のヨー特性が得られるようにドライバの操舵意思  $\delta_H$  が調整される。このとき、目標ヨー特性  $\omega_{ref}$  を設定するために、基準形成器14内の基準モデルが使用される。

【0050】

【数5】

適応制御構成である。

【0053】操舵アクチュエータは、通常の操舵操作のためにのみ設計されているので、道路の長い穴ぼこ道区間や田舎道区間での操舵操作には問題が残る。しかしながら、エンジン寸法を小さく抑える設計が可能なので、このような問題は容認される。エンジンが熱くなった場合には、温度モジュールを介してエンジンの過負荷が検出される。例えば、適応変化する反力（例えば、切りにくさ）をステアリングホイールに供給する手段あるいは動特性及びそれに伴うエンジン出力を低下させる手段を講じることができる。

【0054】次に、ステアリングホイールのハンドトルクの算出方法について説明する。

【0055】このハンドトルクは、トルク測定あるいは操舵アクチュエータの電流測定により算出され処理される。これは、モデル形成を介して、既存の車両データ（ $v$ ,  $\mu$ ,  $\delta v$ , など）から計算することもできる。なお、この2つの方法を組み合わせるのが好ましい。

【0056】A：モデル支援によりハンドトルクをシミュレートする（フィードバックシミュレータ）。

【0057】（第1の方法）車両モデル（最も簡単な場合：「シングルトラックモデル」）を介して、車両速度及び操舵角に基づいて、車両のヨー特性及び車輪の斜め走行特性を計算する。タイヤモデルに基づいて前車輪の復帰力を計算する。後段接続されたステアリングコラムモデル（ステアリングホイール、ステアリングコラム、ラック、トラックレバー、サーボ支援など）により、摩擦及び弾性を考慮して、ステアリングホイールのハンドトルクを計算することができる。

【0058】（第2の方法）マップには、操舵装置の摩擦及び弾性を考慮して、後段接続された操舵特性モデルの特徴パラメータが格納されている。様々な走行状況（速度、道路摩擦係数、操舵角など）に応じて、対応するハンドトルクが計算される。

【0059】B：測定によりハンドトルクを求める。

【0060】前車輪トルク $M_v$ の測定あるいは操舵アクチュエータ電流 $I_v$ の測定を介して復帰トルクが算出され、変換される。復帰トルクは、適応処理及びフィルタ処理された後、上記ステアリングコラムモデルに到達するので、ステアリングホイールのハンドトルクが算出される。

【0061】次に、図5に基づいて、本実施形態にかかる、ステアリングホイールシャフトを作動するフィードバックアクチュエータの制御方法について説明する。図5は、ステアリングホイールシャフトに作用するフィードバックアクチュエータの制御回路の概略図である。

【0062】まず、図5に示すように、ステアリングホイール制御装置6の最重要部分は、タイヤの復帰トルクがステアリングホイール1に伝達されることを確保するための適応トルク制御装置6aである。

【0063】このトルク制御装置6aは、目標電流 $I_{H, \text{ref}}$ を内部の電流制御装置6bに供給し、この電流制御装置6bが、ステアリングホイールアクチュエータ5（例えば直流モータ）を電圧 $U_H$ で駆動する。適応は、目標ハンドトルク $M_{H, \text{ref}}$ を処理する際に、以下のように実行される。

【0064】まず、ブロック613で、測定トルク $M_v$ あるいは操舵アクチュエータの測定電流 $I_v$ を介して算出された復帰トルク $M_v^*$ が、処理され推定される（ブロック613）。次いで、ブロック612で、フィルタリングにより路面の凹凸、あるいは振動などが除去される。このとき、路面の塗装変化、滑りやすい氷、縁石での車輪のバウンドなどの際に発生する重要なトルク変化

は、除去されずにステアリングホイール1に伝達される。

【0065】さらに、ブロック615で、ドライバタイプ認識により検出された各ドライバ要求に対し、ブロック614でパラメータ適応され、全伝達特性を適応させる。従って、個別的な操舵快適性を得ることができる。

【0066】さらに、ブロック611でステアリングコラムモデルに基づいてシミュレートされたハンドトルク $M_{H, \text{sim}}$ は、ブロック616での適応手段により修正される（ $M_{H, \text{sim}}^*$ ）。これは、機械的操舵の際にステアリングホイールに加えられる従来の反応力を、ステアバイワイヤ車両に対して本来通りに形成するためのものである。

【0067】修正目標ステアリングホイールトルク $M_{H, \text{ref}}$ は、例えば現在のサーボ操舵での一般的な走行感覚を伝達するために、最大トルクが制限される。また、コスト、重量及びスペースなどの理由により、フィードバックアクチュエータは、通常走行駆動により生じる力のみが伝達される。例えば車輪が縁石でバウンドする際に発生する比較的大きいトルクは、他のフィードバック（例えばステアリングホイールの振動などの「触覚に訴える信号」）により、ドライバに伝達される。

【0068】次に、図6に基づいて、監視システムを説明する。なお、図6は、図5に示すフィードバックアクチュエータに接続される監視システムを示す機能ブロックである。

【0069】図6は、モータ電流 $I_H$ 及びステアリングホイール運動に基づいて、ドライバがステアリングホイールに対して、どのトルクを行使するかを推定する監視システムBを示す。

【0070】まず、図6に示すように、測定されたステアリングホイール角度 $\delta_H$ から、その1次微分値 $\delta'_H$ 及び2次微分値 $\delta''_H$ が算出され、監視システムBにより形成された変量 $\delta_{H^*}$ 、 $\delta'_{H^*}$ 及び $\delta''_{H^*}$ との差が算出される。このように、例えばドライバがハンドルを握っているか否か、あるいはドライバがシステムをオーバードライブしようとしているか否かを検知することができる。ステアバイワイヤ操舵制御に重畳されるドライバ支援機能を終了する手段のために、かかる情報が必要とされる。

【0071】上記ステアバイワイヤ操舵システムは、フィードバックアクチュエータによるフィードバックをステアリングホイールを介して車両ドライバに伝達するように構成される。このフィードバックは、車両の所定の駆動状態に応じて変化するので、本実施形態にかかる操舵システムは、ステアリングホイール1あるいは車両の他の操作部材をドライバが誤操作したことを通知するシステムとしても適している。

【0072】このように、車両走行時での安全性が確保される。このことについて、本実施形態にかかるステア

ーバイワイヤ操舵システムの使用方法を以下の各例に基づいて説明する。

【0073】例えば、路面をグリップしていない場合（例えばハイドロプレーニングの場合、滑り易い氷の場合など）には、例えばABS制御装置内で算出された伝達される路面の摩擦係数に応じて、操舵反力を変化させる。

【0074】また、例えば、車両がハンドルをとられて左右に振れる危険がある場合、あるいは車両が傾く危険がある場合には、操舵反力を変化させる。このことに関する情報は、ISP制御装置から伝達される。

【0075】また、例えば、劣悪な道路表面（路面に穴が開いていたり、路面が著しく湾曲している）の区間を走行する場合には、操舵反力を変化させる。このような劣悪な路面区間での信号は、特にABS制御装置内からフィードバックアクチュエータユニットに伝達される。

【0076】また、例えば、最大回転数あるいは最大車両速度を越えた場合には、ステアリングホイールを短時間がたつかせ、あるいは振動させることにより車両の誤操作をドライバに通知する。システム複合体に提供される情報（例えばABS、ESP、ACCなど）を使用してドライバに通知し、ステアリングホイールの復帰トルクを変化させることができる。また、ドライバに対するエラー情報及び警告を、ステアリングホイールの触覚刺激フィードバック（例えばがたつかせる）を介して伝達することもできる。

【0077】本実施形態においては、車体と各車輪間に調整可能な懸架システムを有するのが好ましい。かかるアクティブシャシあるいはシャシ閉ループ制御システムあるいはシャシ開ループ制御システムでは、例えば車体と各車輪間の距離（即ち車両レベル）を調整することができる。さらに、懸架システムの弾力特性、緩衝特性、特に弾性部材と緩衝部材との組み合わせを有する車両状態、走行状態、路面状態に対して個別に自動的に適応させることができる。即ち、例えば車両の積荷が変化した場合に、緩衝を増大させることができる。

【0078】また、かかるシャシシステムを有する場合には、本実施形態において、目標ハンドトルクは懸架システムの調整に応じて、特に車体と車輪間距離、車体と車輪間の懸架装置の弾力特性、緩衝特性に応じて算出される。このとき、緩衝が減少し、あるいはサスペンション硬さが減少した場合に、目標ハンドトルクを増大するのが特に好ましい。即ち、減衰が少ない場合には、ドライバへのハンドトルクが増大するので、ドライバに対し、カーブに過度に高速で進入してはならないことを伝達できる。さらに、ハンドトルクを特に車両縦方向速度に応じて選択することができる。このハンドトルクの調整は、例えば特性曲線あるいは車両高さ（車体と車輪間の距離）及び車両縦方向速度からなるマップにより決定することができる。

【0079】また、上記ステアリングホイール制御器は、ステアリングホイールアクチュエータに供給されるハンドトルクを、上記距離、上記弾力特性あるいは上記緩衝特性に応じて変化させるのが特に好ましい。

【0080】さらに、上記実施形態においては、車両タイヤ内の現在の空気圧を検出するタイヤ空気圧検出装置を具備しているのが好ましい。このとき、目標ハンドトルクは、検出空気圧に応じて算出される。さらに、ステアリングホイール制御器は、ステアリングホイールアクチュエータに供給されるハンドトルクを、検出空気圧に応じて変化させるように構成される。

【0081】タイヤ空気圧が（設定した以上に）急激に下降した場合、あるいはタイヤ空気圧が低すぎる（空気圧が予め設定したしきい値を下回った）場合には、ドライバに対し、ステアリングホイールのがたつきまたは振動によるハンドトルク変化を介して、特にカーブに過度に高速で進入してはならないことを伝達できる。さらに、ハンドトルクを、特に車両縦速度に応じて選択することができる。ハンドトルクの調整は、例えば特性曲線、検出タイヤ圧力及び車両縦速度からなるマップにより決定することができる。

【0082】以上、第1の実施の形態においては、ステアリングコラムを省略することにより失われる、ドライバ操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、フィードバックアクチュエータによりシミュレートされるので、ステアリングホイール制御装置に対して適応目標値を設定でき、様々なドライバ要求に応じて個別に適応することができる。このようにフレキシブルなシステムを提供することができる。

【0083】（第2の実施の形態）第1の実施の形態では、1つの操舵アクチュエータ3で両操舵前車輪を制御する構成を説明したが、本実施形態では、2つの操舵アクチュエータより操舵前車輪を個別に制御する構成を採用する。即ち、本実施形態においては、電動機として2つの操舵アクチュエータが設けられており、この操舵アクチュエータは、トランスミッションギアボックスを介して車両の操舵前車軸を個別に作動する。

【0084】以下、図7を参照しながら、第2の実施の形態について説明する。図7は、本実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵機能を有する車両操舵システムの概略図である。

【0085】まず、図7に示すように、ドライバがステアリングホイール1を介して入力したドライバの操舵意思 $\delta_H$ は、操舵角センサ9により検出される。さらに、ドライバの操舵意思 $\delta_H$ は、電子操舵制御装置10に接続される目標値算出装置11により、例えば走行速度 $v$ 、ヨー角速度 $\omega$ などの走行パラメータに基づいて必要に応じて所望の修正が加えられ、目標値として操舵制御装置10に供給される。

【0086】さらに、付加的な測定量として、ドライバ

からステアリングホイール1に伝達される回転トルクあるいはステアリングホイールトルク $M_H$ が、トルクセンサ7により測定される。

【0087】なお、本実施形態においては、前車輪を個別に操舵するために2つの操舵アクチュエータ3、4が設けられている。従って、いかなる場合でも、前車輪を車輪単位で操舵できるので、前車輪（あるいはハンドル）を正確に同じ操舵角に切る必要はない。

【0088】操舵制御装置10は、操舵アクチュエータとして使用する電動機3、4を出力電圧 $U_{v, l}$ 及び $U_{v, r}$ により駆動する。ドライバの操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、操舵前車軸と強固に接続するステアリングコラムが省略されることにより失われるが、復帰トルク（即ち、ステアリングホイールのハンドトルク）による通常制御では、この路面感覚は、フィードバックアクチュエータにより再び形成され、ドライバに伝達される。

【0089】本実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵システムにおいて、電動機として設置されるフィードバックアクチュエータは、ステアリングホイールアクチュエータ5とステアリングホイール制御装置6などから構成される。ステアリングホイールアクチュエータ5は、トランスミッション5aを介してステアリングホイール1に接続される。ステアリングホイール制御装置6は、ステアリングホイールアクチュエータ5を制御する。

【0090】目標ハンドトルク $M_{H, s o l l}$ は、ステアリングホイール制御装置6と協働機能する目標値算出装置61により算出される。即ち、この目標ハンドトルク $M_{H, s o l l}$ は、操舵アクチュエータ3、4に設置されたトルクセンサ（図示せず）により測定された復帰

トルク $M_{v, l}$ 、 $M_{v, r}$ 及び電流センサ81、8rにより測定された復帰電流 $I_{v, l}$ 、 $I_{v, r}$ に基づいて、目標値算出装置61により算出される。

【0091】これに代えて、目標ハンドトルク $M_{H, s o l l}$ は、操舵角センサが測定した操舵角 $\delta_{v, l}$ 、 $\delta_{v, r}$ 、あるいは車両内に最初からある信号（例えば走行速度、道路とタイヤ間の摩擦係数 $\mu$ など）に基づいて、フィードバックシミュレータがシミュレートすることもできる。

【0092】ステアリングホイール制御装置6は、上記算出された目標ハンドトルク $M_{H, s o l l}$ 以外に、他の変量（例えばステアリングコラムと接続するトルクセンサ7により測定されたステアリングホイールトルク $M_H$ 、操舵角センサ9により測定された操舵角 $\delta_H$ 、ステアリングホイールアクチュエータ5の電流 $I_H$ ）を得て、ステアリングホイールアクチュエータ5に、制御電圧 $U_H$ を出力する。

【0093】なお、目標値の形成方法については、第1の実施の形態と同様なので、その説明は省略する。

【0094】次に、図4に基づいて、状況に適応する目標値の算出方法について説明する。状況に適応する目標値の算出方法については、第1の実施の形態と相違する点についてのみ説明する。

【0095】即ち、第1の実施の形態においては、操舵前車軸を1つのアクチュエータで制御することから、ヨー制御装置13の合成出力を修正ドライバ操舵意思 $\delta_H^*$ として設定している。即ち、基準形成器14内の基準モデルを使用して、目標ヨー特性 $\omega_{ref}$ を以下のように設定する。

【0096】

【数6】

$$\omega_{ref} = \left[ \frac{v}{1 + \frac{v^2}{v_{ch}^2}} * \frac{sH}{1s} \right] * \frac{1}{1 + T_{ref}s}$$

$\omega_{ref}$ : 目標ヨー速度、 $v$ : 速度、 $v_{ch}$ : 特徴速度 (= 60...100 km/h)、 $l$ : 軸距離、 $T_{ref}$ : 時定数、 $s$ : ラプラス変換子

【0097】しかしながら、本実施形態においては、2つのアクチュエータを介して前車輪操舵を個別に制御しているので、修正ドライバ操舵意思 $\delta_H^*$ を算出する際には、さらに外側車輪と内側車輪の幾何学配置を考慮し

なければならない。

【0098】

【数7】

内側：

$$\delta_{H_i} = \left[ \frac{R}{R - \left( \frac{b}{2} \right)} \right] * \delta_{H^*}$$

外側：

$$\delta_{H_o} = \left[ \frac{R}{R + \left( \frac{b}{2} \right)} \right] * \delta_{H^*}$$

( R : 定常円旋回の半径, b : 車輪半径

$$R = \frac{2(v_i + v_o)}{2(v_i - v_o)}$$

( v<sub>i</sub> : 内側の後方駆動車輪速度, v<sub>o</sub> : 外側の後方駆動車輪速度)

【0099】なお、第1の実施の形態と同様に、目標ヨー速度 $\omega_{ref}$ の代わりに、車両の目標横方向加速度 $a_{y, ref}$ を使用し、あるいは、これらの変数を組み合わせて使用することもできる。なお、ここで操舵制御装置10は、前車輪操舵角が修正ドライバ操舵意思 $\delta_{H^*}$ に従うように配慮する位置制御装置である。また、操舵制御装置の設計は、操舵アクチュエータのモータ種類に著しく依存するが、ここでは詳細に説明しない。原則的にそれに適しているのは、PID構成のデジタルアルゴリズムあるいは一般のデジタル適応制御構成である。

【0100】この前車輪を個別に操舵するシステムにおいては、前車輪は2つの異なる制御回路で操舵される。このとき、2つの制御回路の目標値が論理的に正しいことは、蓋然性試験により保証される。

【0101】次に、ステアリングホイールのハンドトルクの算出方法について説明する。

【0102】このハンドトルクは、トルク測定あるいは操舵アクチュエータの電流測定により算出され処理される。これは、モデル形成を介して、既存の車両データ(v,  $\mu$ ,  $\delta v$ など)から計算することもできる。なお、この2つの方法を組み合わせるのが好ましい。

【0103】A：モデル支援によりハンドトルクをシミュレートする(フィードバックシミュレータ)。

【0104】(第1の方法)車両モデル(最も簡単な場合：「シングルトラックモデル」)を介して、車両速度及び操舵角に基づいて、車両のヨー特性及び車輪の斜め走行特性を計算する。タイヤモデルに基づいて前車輪の復帰力を計算する。後段接続されたステアリングコラムモデル(ステアリングホイール、ステアリングコラム、ラック、トラックレバー、サーボ支援など)により、摩擦及び弾性を考慮して、ステアリングホイールのハンドトルクを計算することができる。

【0105】(第2の方法)マップには、操舵装置の摩擦及び弾性を考慮して、後段接続された操舵特性モデルの特徴パラメータが格納されている。様々な走行状況(速度、道路摩擦係数、操舵角など)に応じて、対応するハンドトルクが計算される。

【0106】B：測定によりハンドトルクを求める

【0107】前車輪トルク $M_{v_l}$ ,  $M_{v_r}$ の測定あるいは操舵アクチュエータ電流 $I_{v_l}$ ,  $I_{v_r}$ の測定を介して復帰トルクが算出され、変換される。復帰トルクは、適応処理及びフィルタ処理された後、上記ステアリングコラムモデルに到達するので、ステアリングホイールのハンドトルクが計算される。

【0108】ステアリングホイールシャフトに作用するフィードバックアクチュエータの制御方法、監視システムについては、第1の実施の形態と同様なので、その説明は省略する。

【0109】以上、第2の実施の形態においては、前車輪を個別に操舵するシステムであっても、外側車輪と内側車輪の幾何学配置を考慮して、修正ドライバ操舵意思 $\delta_{H^*}$ を算出することができる。この結果、ステアリングコラムを省略することにより失われる、ドライバ操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、フィードバックアクチュエータによりシミュレートされるので、ステアリングホイール制御装置に対して適応目標値を設定でき、様々なドライバ要求に応じて個別に適応することができる。このようにフレキシブルなシステムを提供することができる。

【0110】(第3の実施の形態)次に、図8に基づいて、第3の実施の形態を説明する。図8は、本発明にかかるステアバイワイヤ操舵システムにおいて開ループ及び閉ループ制御機能を実現できるマイクロコンピュータシステムを有するハードウェア構造のブロック回路図である。図8に示すように、機能素子Rは、全てのセンサ信号を検出する付属の周辺素子を含むマイクロコンピュータシステムである。

【0111】さらにその中には、ステアリングホイールモータ5の駆動信号 $U_H$ 、あるいは操舵アクチュエータ3あるいは3、4の駆動信号 $U_v$ の形成に必要なパワーエレクトロニクスを有する。括弧内に示すセンサ信号あるいは操作量は、車輪を個別に制御する場合のステアバイワイヤ操舵システムにおける信号を示す。

【0112】まず、K1は、例えば車両内の他の制御装置(例えばABS制御装置、ESP制御装置など)に接続されるシリアルバスにより実現される通信システムで

ある。かかる通信システムを介して、ヨー速度センサ信号 $\omega$ 及び横方向加速度信号 $a_y$ が、マイクロコンピュータシステムに供給される。さらに、K1を介して、車輪と路面間の摩擦係数 $\mu$ の推定値及び車両速度 $v$ の推定値が伝達される。

【0113】(第4の実施の形態)次に、図9に基づいて、第4の実施の形態を説明する。図9は、本発明にかかるステアバイワイヤ操舵システムにおいて開ループ及び閉ループ制御機能を実現できる2つのマイクロコンピュータシステムを有するハードウェア構造のブロック回路図である。図9に示すように、本実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵システムでは、システムK1を介して通信する2つのマイクロコンピュータシステムR1とR2が分割配置されている。

【0114】マイクロコンピュータシステムR1では、フィードバックアクチュエータの制御機能が実現され、マイクロコンピュータシステムR2では、図5で示される横方向の動特性を改良する手段を有する所望の操舵角の制御が実行される。

【0115】以上、本発明に係る好適な実施の形態について説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術思想の範囲内において、各種の修正例および変更例を想定し得るものであり、それらの修正例および変更例についても本発明の技術範囲に包含されるものと了解される。

【0116】

【発明の効果】ステアリングコラムを省略することにより失われる、ドライバ操舵意思に多大な影響を与える路面感覚は、フィードバックアクチュエータによりシミュレートされるので、ステアリングホイール制御装置に対して適応目標値を設定でき、様々なドライバ要求に応じて個別に適応することができる。このようにフレキシブルなシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵機能を有する車両操舵システムの概略図である。

【図2】第1の実施形態にかかる速度に応じた可変の操舵角変換比を示す機能ブロック図である。

【図3】走行速度に応じて可変の操舵角変換によりシミュレートされる操舵角変換比の単調関数のグラフ図である。

【図4】本実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵システムにより実行される走行動特性制御により、横方向の動特性を改良する装置を示すブロック回路図である。

【図5】ステアリングホイールシャフトに作用するフィードバックアクチュエータの制御回路の概略図である。

【図6】図5に示すフィードバックアクチュエータに接続される監視システムを示す機能ブロックである。

【図7】第2の実施形態にかかるステアバイワイヤ操舵機能を有する車両操舵システムの概略図である。

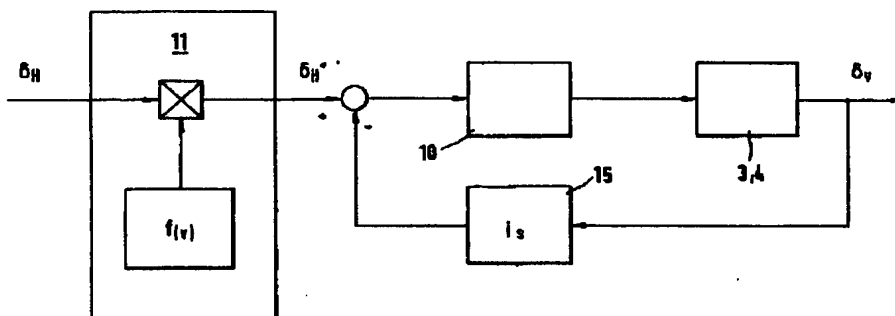
【図8】本発明に基づくステアバイワイヤ操舵システムにおいて開ループ及び閉ループ制御機能を実現できるマイクロコンピュータシステムを有するハードウェア構造のブロック回路図である。

【図9】本発明に基づくステアバイワイヤ操舵システムにおいて開ループ及び閉ループ制御機能を実現できる2つのマイクロコンピュータシステムを有するハードウェア構造のブロック回路図である。

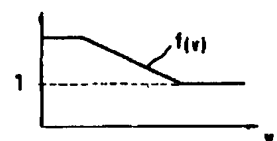
【符号の説明】

- 1 ステアリングホイール
- 3 操舵アクチュエータ
- 5, 6 フィードバックアクチュエータユニット
- 9 検出器
- 15 ステアリングギアボックス

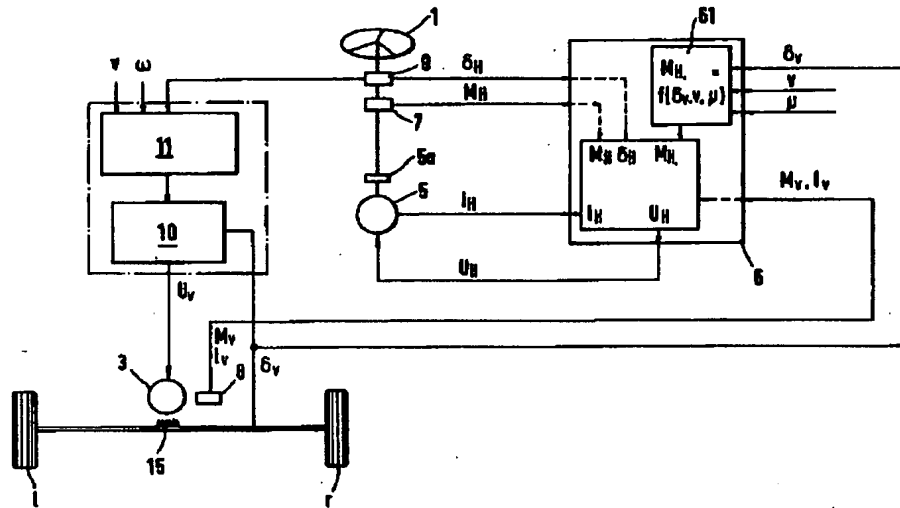
【図2】



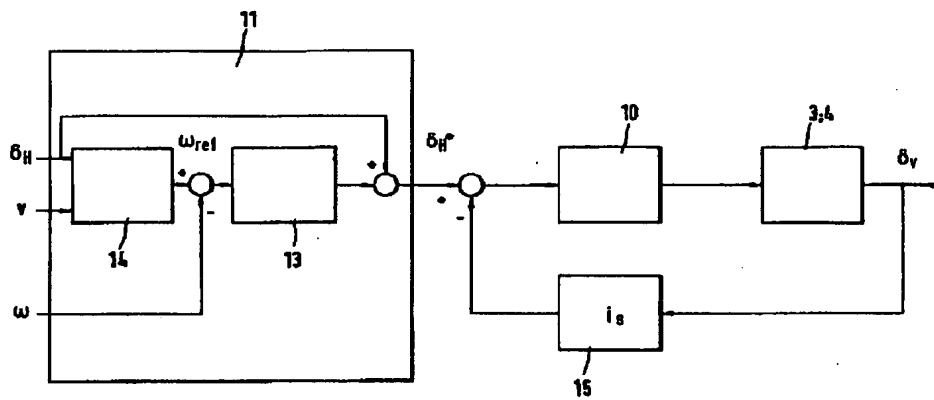
【図3】



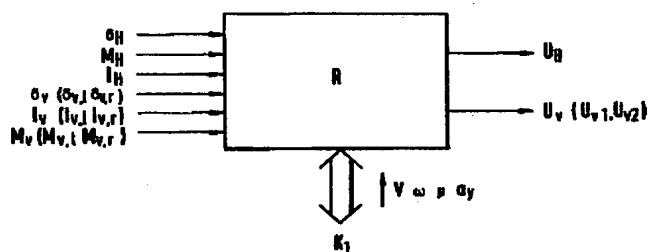
【图1】



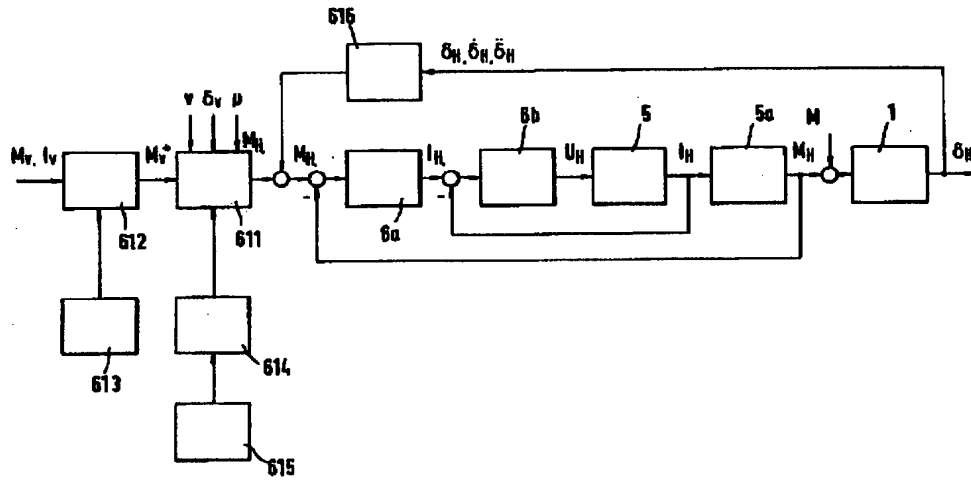
【图4】



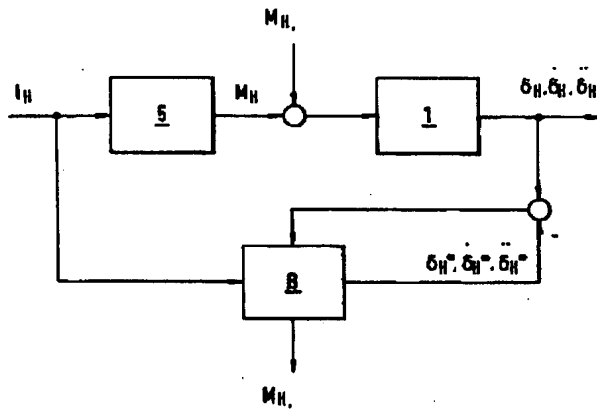
【图8】



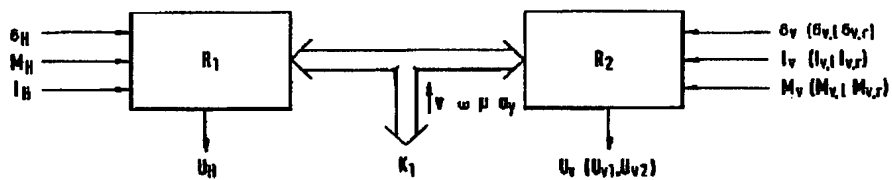
【図5】



【図6】

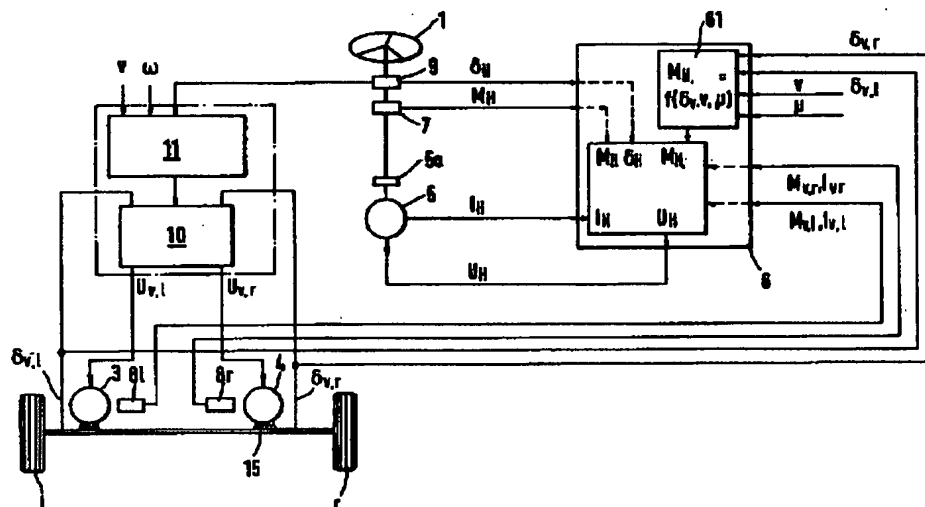


【図9】





【 図 7 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 6 2 D 113:00

119:00

識別記号

F I

テマコード (参考)

- (72)発明者 エルマー デイルガー  
ドイツ連邦共和国 70771 ラインフェル  
デン-エヒターディングン, ボスレー  
ヴェーク 10
- (72)発明者 ペーター アーナー  
ドイツ連邦共和国 71032 ベープリング  
ン, キルヒハイマー シュトラッセ 18
- (72)発明者 ヘルベルト ローナー  
ドイツ連邦共和国 71292 フリオルツハ  
イム, ヴィムシャイマーシュトラッセ  
15/3
- (72)発明者 ペーター ドミンケ  
ドイツ連邦共和国 74321 ビーティヒハ  
イム-ビジンゲン, レヒエンツホフエナ  
ーシュトラッセ 9
- (72)発明者 チースアン カオ  
ドイツ連邦共和国 70825 コーンタル  
ミュンヒンゲン, トゥービツァー シュ  
トラッセ 35
- (72)発明者 ヘルムート ヤネッケ  
ドイツ連邦共和国 71282 ヘミンゲン,  
オイゲン-ボルツ-シュトラッセ 7

- (72)発明者 ヴォルフガング プファイファー  
ドイツ連邦共和国 71723 グロスボツ  
ヴァール, ブラウナースベルクシュタイ  
ゲ 13
- (72)発明者 ゴック-タック グエン  
ドイツ連邦共和国 71723 グロスボツ  
ヴァール, ウーファーシュトラッセ 3  
/1
- (72)発明者 トルステン アルガイアー  
ドイツ連邦共和国 74078 ハイルブロン,  
オルフシュトラッセ 50
- (72)発明者 ボー ユアン  
ドイツ連邦共和国 76131 カールスルー  
エ, フォルストシュトラッセ 57
- (72)発明者 ベルント ミュラー  
ドイツ連邦共和国 71229 レーンベルク,  
オイゲン-ヘーゲレ ヴェーク 19
- (72)発明者 ヴェルナー ハーター  
ドイツ連邦共和国 75428 イリンゲン,  
フンメルベルク 4

(72)発明者 ヴェルナー ヘス  
ドイツ連邦共和国 70499 シュトゥット  
ガルト, ツォルンドルファー シュトラ  
ッセ 23

(72)発明者 クラウス リースーミュラー  
ドイツ連邦共和国 74906 バート ラッ  
ペナウ, ハインスハイマー シュトラッ  
セ 47

(72)発明者 トーマス ザウアー  
ドイツ連邦共和国 70599 シュトゥット  
ガルト, フォルデーレ シャフシュトラ  
ッセ 17

(72)発明者 ベーター プレッシング  
ドイツ連邦共和国 74078 ハイльブロン,  
ブルグンデンシュトラッセ 95